

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-206460

(43)公開日 平成10年(1998) 8月7日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 0 1 P 21/02

G 0 1 P 21/02

B 6 0 C 23/00

B 6 0 C 23/00

Z

G 0 1 P 3/50

G 0 1 P 3/50

A

15/00

15/00

Z

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 19 頁)

(21)出願番号

特願平9-12748

(22)出願日

平成9年(1997) 1月27日

(71)出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(71)出願人 000183233

住友ゴム工業株式会社

兵庫県神戸市中央区脇浜町3丁目6番9号

(72)発明者 中島 実香夫

大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電

気工業株式会社大阪製作所内

(74)代理人 弁理士 亀井 弘勝 (外1名)

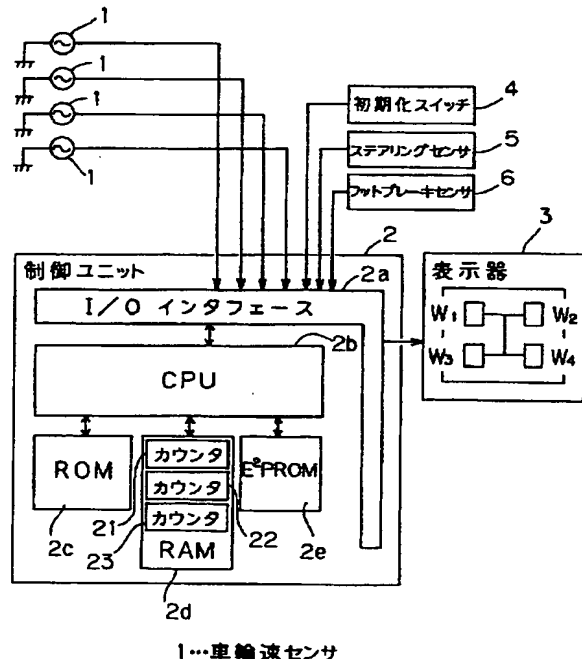
(54)【発明の名称】 初期補正係数演算装置

(57)【要約】

【課題】正確な初期補正係数を簡単に求めることができる初期補正係数演算装置を提供する。

【解決手段】CPU 2bは、車両が直線走行をしていると判別された場合に、前左右タイヤおよび後左右タイヤの各回転角速度比に基づいて、初期補正係数 K_1 、 K_2 を算出し、また同時に惰性走行をしていると判別された場合に、さらにこの算出された初期補正係数 K_1 および K_2 、ならびに前タイヤと後タイヤとの回転角速度比に基づいて、初期補正係数 K_x を算出する。さらに、車両がコーナリング走行をしていると判別された場合に、初期補正係数 K_y を算出する。初期補正係数 K_x と初期補正係数 K_y とを比較し、精度の高い方を最終的な初期補正係数 K_3 とする。

【効果】車両を試験的に走行させなくても、ユーザが意識しないうちに、高精度な初期補正係数 $K_1 \sim K_3$ を得ることができるから、ユーザの負担が軽減する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】車両に装着された 4 つのタイヤの回転角速度を検出する回転角速度検出手段の出力を補正するための補正係数を演算する装置であって、

車両が直線走行をしているか否かを判別するための手段と、

車両が惰性走行をしているか否かを判別するための手段と、

車両が直線走行をしていると判別された場合に、上記回転角速度検出手段の出力に基づいて、前左右タイヤ間の初期差異による有効ころがり半径の差が回転角速度に及ぼす影響を排除するための初期補正係数 K_1 、および後左右タイヤ間の初期差異による有効ころがり半径の差が回転角速度に及ぼす影響を排除するための初期補正係数 K_2 を算出する手段と、

車両が直線走行をしていると判別され、かつ車両が惰性走行をしていると判別された場合に、上記算出された初期補正係数 K_1 および K_2 、ならびに上記回転角速度検出手段の出力に基づいて、前タイヤと後タイヤとの間の初期差異による有効ころがり半径の差が回転角速度に及ぼす影響を排除するための初期補正係数 K_3 を算出する手段とを含むことを特徴とする初期補正係数演算装置。

【請求項 2】車両に装着された 4 つのタイヤの回転角速度を検出する回転角速度検出手段の出力を補正するための補正係数を演算する装置であって、

車両が直線走行をしているか否かを判別するための手段と、

車両が直線走行をしていると判別された場合に、上記回転角速度検出手段の出力に基づいて、前左右タイヤ間の初期差異による有効ころがり半径の差が回転角速度に及ぼす影響を排除するための初期補正係数 K_1 、および後左右タイヤ間の初期差異による有効ころがり半径の差が回転角速度に及ぼす影響を排除するための初期補正係数 K_2 を算出する手段と、

上記回転角速度検出手段の出力に基づいて、車両の横方向加速度 L_A を算出するための手段と、

上記回転角速度検出手段の出力に基づいて、タイヤ空気圧低下判定のための判定値 D を算出するための手段と、上記算出された車両の横方向加速度 L_A および判定値 D を所定の第 1 演算式に代入することにより、タイヤのスリップ率 R_s を求めるための手段と、

上記算出された車両の横方向加速度 L_A に基づいて、車両がコーナリング走行中であるか否かを判別するための手段と、

車両がコーナリング走行中であると判別された場合に、上記回転角速度検出手段の出力、上記算出された初期補正係数 K_1 および K_2 、ならびに上記算出されたスリップ率 R_s を所定の第 2 演算式に代入することにより、前タイヤと後タイヤとの間の初期差異による有効ころがり半径の差が回転角速度に及ぼす影響を排除するための初

期補正係数 K_3 を算出する手段とをさらに含むことを特徴とする初期補正係数演算装置。

【請求項 3】上記算出されたスリップ率 R_s が予め定める範囲に含まれるか否かを判別するための手段と、スリップ率 R_s が上記範囲に含まれると判別された場合には、上記初期補正係数 K_3 の算出を禁止する手段とをさらに含むことを特徴とする請求項 2 記載の初期補正係数演算装置。

【請求項 4】車両に装着された 4 つのタイヤの回転角速度を検出する回転角速度検出手段の出力を補正するための補正係数を演算する装置であって、

車両が直線走行をしているか否かを判別するための手段と、

車両が惰性走行をしているか否かを判別するための手段と、

車両が直線走行をしていると判別された場合に、上記回転角速度検出手段の出力に基づいて、前左右タイヤ間の初期差異による有効ころがり半径の差が回転角速度に及ぼす影響を排除するための初期補正係数 K_1 、および後左右タイヤ間の初期差異による有効ころがり半径の差が回転角速度に及ぼす影響を排除するための初期補正係数 K_2 を算出するための手段と、

車両が直線走行をしていると判別され、かつ車両が惰性走行をしていると判別された場合に、上記算出された初期補正係数 K_1 および K_2 、ならびに上記回転角速度検出手段の出力に基づいて、前タイヤと後タイヤとの間の初期差異による有効ころがり半径の差が回転角速度に及ぼす影響を排除するための初期補正係数 K_x を算出するための手段と、

上記回転角速度検出手段の出力に基づいて、車両の横方向加速度 L_A を算出するための手段と、

上記回転角速度検出手段の出力に基づいて、タイヤ空気圧低下判定のための判定値 D を算出するための手段と、上記算出された車両の横方向加速度 L_A および判定値 D を所定の第 1 演算式に代入することにより、タイヤのスリップ率 R_s を算出するための手段と、

上記算出された車両の横方向加速度 L_A に基づいて、車両がコーナリング走行中であるか否かを判別するための手段と、

車両がコーナリング走行中であると判別された場合に、上記回転角速度検出手段の出力、上記算出された初期補正係数 K_1 および K_2 、ならびに上記算出されたスリップ率 R_s を所定の第 2 演算式に代入することにより、前タイヤと後タイヤとの間の初期差異による有効ころがり半径の差が回転角速度に及ぼす影響を排除するための初期補正係数 K_y を算出するための手段と、

上記算出された初期補正係数 K_x および K_y のうちいずれの方が精度が高いかを判別するための手段と、

精度が高いと判別された方を、最終的に、前タイヤと後タイヤとの間の初期差異による有効ころがり半径の差が

回転角速度に及ぼす影響を排除するための初期補正係数 K_3 とする手段とを含むことを特徴とする初期補正係数演算装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、たとえばタイヤ空気圧低下検出装置に用いられ、タイヤの初期差異による有効ころがり半径の差が回転角速度に及ぼす影響を排除するための初期補正係数を求める初期補正係数演算装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、乗用車やトラックなどの4輪車両の安全装置の1つとして、タイヤの空気圧低下を検出する装置(DWS)の開発が行われ、一部では実用化されている。タイヤの空気圧低下の検出方法の1つに、たとえば車両に装着されている4つのタイヤ W_1 , W_2 , W_3 , W_4 の各回転角速度 F_1 , F_2 , F_3 , F_4 の違い

$$D = \frac{\frac{F_1 + F_4}{2} - \frac{F_2 + F_3}{2}}{\frac{F_1 + F_2 + F_3 + F_4}{4}} \times 100 \quad \cdots (1)$$

【0005】タイヤ W_i の有効ころがり半径がすべて同じであるとすれば、各回転角速度 F_i はすべて同じとなる ($F_1 = F_2 = F_3 = F_4$)。この場合、判定値 D は0である。そこで、しきい値 D_{TH1} , D_{TH2} (ただし、 D_{TH1} , $D_{TH2} > 0$) が設定される。そして、下記(2)

$$D < -D_{TH1} \quad \text{または} \quad D > D_{TH2} \quad \cdots (2)$$

ところで、実際のタイヤの有効ころがり半径は、タイヤの製造時に生じる規格内でのばらつき(以下「初期差異」という。)を含む。すなわち、4つのタイヤ W_i がすべて正常内圧であっても、初期差異のために、4つのタイヤ W_i の有効ころがり半径は相異なる。これに伴い、タイヤ W_i の回転角速度 F_i はばらつく。その結果、判定値 D は0以外の値になるおそれがある。そのため、空気圧が低下していないのに空気圧が低下していると誤検出されるおそれがある。よって、空気圧低下検出を高精度に行うためには、検出される回転角速度 F_i が

$$K_1 = F_1 / F_2$$

$$K_2 = F_3 / F_4$$

$$K_3 = \frac{F_1 + K_1 \times F_2}{F_3 + K_2 \times F_4} \quad \cdots (3)$$

【0009】初期補正係数 K_1 は、前左右タイヤ W_1 , W_2 間の初期差異による有効ころがり半径の差を補正するための係数である。初期補正係数 K_2 は、後左右タイヤ W_3 , W_4 間の初期差異による有効ころがり半径の差を補正するための係数である。初期補正係数 K_3 は、前

を利用する方法がある。この方法は、回転角速度 F_i ($i=1,2,3,4$) がタイヤ W_i の空気圧の状況に応じて変化することを利用したものである。すなわち、いずれかのタイヤ W_i の空気圧が低下すると、当該タイヤ W_i の有効ころがり半径が減少し、その結果当該タイヤ W_i の回転角速度 F_i は速くなる。そのため、回転角速度 F_i の違いに基づけば、タイヤ W_i の空気圧低下を判定できる。

【0003】なお、有効ころがり半径とは、荷重がかかった状態で自由転動しているタイヤ W_i が1回転により進んだ距離を 2π で割った値である。回転角速度 F_i の違いに基づいてタイヤ W_i の空気圧低下を検出する際に用いられる判定値は、たとえば下記(1)式により求められる(特開昭63-305011号公報、特開平4-212609号公報など参照。)

【0004】

【数1】

式に示す条件が満足された場合は、空気圧が低下しているタイヤがあると判定される。この条件が満足されなかった場合には、タイヤは正常内圧であると判定される。

【0006】

ら初期差異の影響を排除する必要がある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】回転角速度 F_i から初期差異の影響を排除するための技術として、たとえば本出願人が特願平8-58039号において提案した技術を適用することが考えられる。この技術では、まず、初期補正係数 K_1 , K_2 , K_3 が下記(3)ないし(5)式に示すようにして算出される。

【0008】

【数2】

$$\cdots (3)$$

$$\cdots (4)$$

$$\cdots (5)$$

による有効ころがり半径の差を補正するための係数である。

【0010】次いで、この算出された初期補正係数 K_1 ないし K_3 を用いて下記(6)ないし(9)式に示すようにして回転角速度 F_i が補正され、新たな回転角速度 F_{1i} が求められる。これにより、回転角速度 F_i からの初

期差異による影響の排除が図られている。

$$F_{11} = F_1$$

$$F_{12} = K_1 \times F_2$$

$$F_{13} = K_3 \times F_3$$

$$F_{14} = K_2 \times K_3 \times F_4$$

初期補正係数 K_1 ないし K_3 を算出するときには、車両は、直線走行で、かつ惰性走行をしている必要がある。すなわち、車両が直線走行で、かつ惰性走行をしていれば、タイヤのスリップ率の影響が回転角速度 F_1 にほとんど影響せず、その結果、初期差異による有効ころがり半径の差を忠実に表した初期補正係数 K_1 ないし K_3 を得ることができるからである。とりわけ、初期補正係数 K_3 は、前タイヤと後タイヤとの間の回転角速度比に基づいて求められるから、駆動トルクまたは制動トルクをほぼ0にして駆動タイヤのスリップ率の影響を確実に排除しておく必要がある。したがって、初期差異によるタイヤの有効ころがり半径の差異を忠実に表した初期補正係数を得るには、車両を直線走行で、かつ惰性走行させることが必須条件となる。

【0011】一方、前記提案技術にかかるタイヤ空気圧低下検出装置には、車両が直線走行で、かつ惰性走行をしていることを自動的に検出する手段が備えられていない。したがって、前記提案技術にかかるタイヤ空気圧低下検出装置においては、初期補正係数 K_1 ないし K_3 の算出は、ユーザによる初期化スイッチの操作にตอบสนองして開始されるようにされている。すなわち、初期補正係数 K_1 ないし K_3 を算出する場合、ユーザは、意図的に、車両を直線走行で、かつ惰性走行させ、そのうえで初期化スイッチを操作する。これにより、車両が直線走行で、かつ惰性走行をしていることが装置に知らせられる。

【0012】ところで、車両を直線惰性走行させるために用いられる道路として考えられるのは、通常、公道である。しかしながら、慢性的な交通渋滞や直線路が少ないなどの現状の道路環境を鑑みると、車両を意図的に公道において直線走行で、かつ惰性走行させることは非常に困難であり、また交通安全上の観点からもあまり好ましくない。そのため、正確な初期補正係数を簡単に求める技術が望まれている。

【0013】そこで、本発明の目的は、上述の技術的課題を解決し、正確な初期補正係数を簡単に求めることができる初期補正係数演算装置を提供することである。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するための請求項1記載の発明は、車両に装着された4つのタイヤの回転角速度を検出する回転角速度検出手段の出力を補正するための補正係数を演算する装置であって、車両が直線走行をしているか否かを判別するための手段と、車両が惰性走行をしているか否かを判別するための手段と、車両が直線走行をしていると判別された場合に、上

$$\dots\dots(6)$$

$$\dots\dots(7)$$

$$\dots\dots(8)$$

$$\dots\dots(9)$$

記回転角速度検出手段の出力に基づいて、前左右タイヤ間の初期差異による有効ころがり半径の差が回転角速度に及ぼす影響を排除するための初期補正係数 K_1 、および後左右タイヤ間の初期差異による有効ころがり半径の差が回転角速度に及ぼす影響を排除するための初期補正係数 K_2 を算出する手段と、車両が直線走行をしていると判別され、かつ車両が惰性走行をしていると判別された場合に、上記算出された初期補正係数 K_1 および K_2 、ならびに上記回転角速度検出手段の出力に基づいて、前タイヤと後タイヤとの間の初期差異による有効ころがり半径の差が回転角速度に及ぼす影響を排除するための初期補正係数 K_3 を算出する手段とを含むことを特徴とする初期補正係数演算装置である。

【0015】車両が公道を走行をしている場合、一時的にしる、惰性走行はしていないけれども直線走行をしていたり、直線走行で、かつ惰性走行をしていたりするときがある。本発明では、この点に着目し、車両が直線走行をしているか否かを判別し、その結果車両が直線走行をしている場合には、惰性走行をしていない場合であっても、初期補正係数 K_1 および K_2 を算出するようにしている。さらに、車両が惰性走行をしているか否かも判別し、その結果車両が直線走行をしており、しかも車両が惰性走行をしている場合には、初期補正係数 K_3 を算出するようにしている。すなわち、車両が直線走行で、かつ惰性走行をしていることが自動的に検出されたうえで、初期補正係数 K_1 ないし K_3 が算出される。したがって、ユーザが意図的に車両を直線走行で、かつ惰性走行させなくてもよいから、正確な初期補正係数を簡単に算出することができる。

【0016】請求項2記載の発明は、車両に装着された4つのタイヤの回転角速度を検出する回転角速度検出手段の出力を補正するための補正係数を演算する装置であって、車両が直線走行をしているか否かを判別するための手段と、車両が直線走行をしていると判別された場合に、上記回転角速度検出手段の出力に基づいて、前左右タイヤ間の初期差異による有効ころがり半径の差が回転角速度に及ぼす影響を排除するための初期補正係数 K_1 、および後左右タイヤ間の初期差異による有効ころがり半径の差が回転角速度に及ぼす影響を排除するための初期補正係数 K_2 を算出する手段と、上記回転角速度検出手段の出力に基づいて、車両の横方向加速度 L を算出するための手段と、上記回転角速度検出手段の出力に基づいて、タイヤ空気圧低下判定のための判定値 D を算出するための手段と、上記算出された車両の横方向加速度 L および判定値 D を所定の第1演算式に代入する

ことにより、タイヤのスリップ率 R_s を求めるための手段と、上記算出された車両の横方向加速度 L_A に基づいて、車両がコーナリング走行中であるか否かを判別するための手段と、車両がコーナリング走行中であると判別された場合に、上記回転角速度検出手段の出力、上記算出された初期補正係数 K_1 および K_2 、ならびに上記算出されたスリップ率 R_s を所定の第2演算式に代入することにより、前タイヤと後タイヤとの間の初期差異による有効ころがり半径の差が回転角速度に及ぼす影響を排除するための初期補正係数 K_3 を算出する手段とをさらに含むことを特徴とする初期補正係数演算装置である。

$$D' = D - (A_1 \times L_A + A_2 \times L_A \times R_s) \quad \cdots (10)$$

スリップ率 R_s は、駆動タイヤの回転角速度と従動タイヤの回転角速度との比に相当するから、たとえばFF（フロントエンジン・フロントドライブ）車の場合、下

$$R_s = \frac{F_1 + K_1 \times F_2}{K_2 \times F_2 + K_2 \times K_3 \times F_4} - 1 \quad \cdots (11)$$

【0020】一方、初期補正係数 $K_1 \sim K_3$ は、通常、タイヤ交換後などの4つのタイヤがすべて正常内圧である場合に算出される。したがって、初期補正係数 $K_1 \sim K_3$ が正確に定められているとすれば、コーナリング走行中には判定値 D' は0となるはずである。そこで、上

$$R_s = \frac{D - A_1 \times L_A}{A_2 \times L_A} \quad \cdots (12)$$

【0022】このように、スリップ率 R_s は、車両の横方向加速度 L_A および判定値 D に基づいて算出することができる。そこで、この(12)式で表されるスリップ率 R_s を上記(11)式に代入し、 K_3 について整理すると、下

$$K_3 = \frac{1}{R_s + 1} \times \frac{F_1 + K_1 \times F_2}{F_2 + K_2 \times F_4} \quad \cdots (13)$$

【0024】このように、初期補正係数 K_1 および K_2 、スリップ率 R_s 、ならびに回転角速度 F_1 ないし F_4 に基づいて、初期補正係数 K_3 を算出することができる。この初期補正係数 K_3 を算出するための(13)式は、コーナリング走行時における車両の荷重移動を回転角速度 F_1 から排除するための式から導出されているから、車両がコーナリング走行をしている場合に、高精度な初期補正係数 K_3 を算出することができる。したがって、たとえば車両が通常走行時に直線走行で、かつ慣性走行をしていなくても、コーナリング走行をしてさえいれば、高精度な初期補正係数 K_3 を算出することができる。

【0025】なお、車両がコーナリング走行をしている場合には、スリップ率 R_s の大きさによっては、初期補正係数 K_3 に誤差が含まれる場合がある。そこで、たとえば請求項3記載の発明のように、上記スリップ率 R_s が予め定める範囲に含まれるか否かを判別するための手

【0017】初期補正係数 $K_1 \sim K_3$ は、たとえばタイヤ空気圧低下判定のための判定値 D を求める際に、各タイヤの回転角速度 F_1, F_2, F_3, F_4 から初期差異による影響を除去する目的で用いられる。一方、回転角速度 $F_1 \sim F_4$ はコーナリング走行時における車両の荷重移動によってもばらつくから、判定値 D を求める際には、この車両の荷重移動による回転角速度 $F_1 \sim F_4$ のばらつきを補正する必要がある。この補正のために用いられる式は、たとえば下記(10)式のとおりである。下記(10)式において、 A_1 および A_2 は定数である。

【0018】

記(11)式のように表せる。

【0019】

【数3】

記(10)式の D' に0を代入し、スリップ率 R_s について整理すると、下記(12)式が得られる。この(12)式が第1演算式に相当する。

【0021】

【数4】

記(13)式が得られる。この(13)式が第2演算式に相当する。

【0023】

【数5】

段と、スリップ率 R_s が上記範囲に含まれると判別された場合には、上記初期補正係数 K_3 の算出を禁止する手段とをさらに含むようにすれば、初期補正係数 K_3 の誤算出を防ぐことができる。

【0026】請求項4記載の発明は、車両に装着された4つのタイヤの回転角速度を検出する回転角速度検出手段の出力を補正するための補正係数を演算する装置であって、車両が直線走行をしているか否かを判別するための手段と、車両が慣性走行をしているか否かを判別するための手段と、車両が直線走行をしていると判別された場合に、上記回転角速度検出手段の出力に基づいて、前左右タイヤ間の初期差異による有効ころがり半径の差が回転角速度に及ぼす影響を排除するための初期補正係数 K_1 、および後左右タイヤ間の初期差異による有効ころがり半径の差が回転角速度に及ぼす影響を排除するための初期補正係数 K_2 を算出するための手段と、車両が直線走行をしていると判別され、かつ車両が慣性走行をし

ていると判別された場合に、上記算出された初期補正係数 K_1 および K_2 、ならびに上記回転角速度検出手段の出力に基づいて、前タイヤと後タイヤとの間の初期差異による有効ころがり半径の差が回転角速度に及ぼす影響を排除するための初期補正係数 K_x を算出するための手段と、上記回転角速度検出手段の出力に基づいて、車両の横方向加速度 L_A を算出するための手段と、上記回転角速度検出手段の出力に基づいて、タイヤ空気圧低下判定のための判定値 D を算出するための手段と、上記算出された車両の横方向加速度 L_A および判定値 D を所定の第1演算式に代入することにより、タイヤのスリップ率 R_s を算出するための手段と、上記算出された車両の横方向加速度 L_A に基づいて、車両がコーナリング走行中であるか否かを判別するための手段と、車両がコーナリング走行中であると判別された場合に、上記回転角速度検出手段の出力、上記算出された初期補正係数 K_1 および K_2 、ならびに上記算出されたスリップ率 R_s を所定の第2演算式に代入することにより、前タイヤと後タイヤとの間の初期差異による有効ころがり半径の差が回転角速度に及ぼす影響を排除するための初期補正係数 K_y を算出するための手段と、上記算出された初期補正係数 K_x および K_y のうちいずれの方が精度が高いかを判別するための手段と、精度が高いと判別された方を、最終的に、前タイヤと後タイヤとの間の初期差異による有効ころがり半径の差が回転角速度に及ぼす影響を排除するための初期補正係数 K_3 とする手段とを含むことを特徴とする初期補正係数演算装置である。

【0027】本発明では、車両が直線走行で、かつ惰性走行をしている場合に算出された初期補正係数 K_x と、車両がコーナリング走行をしている場合に算出された初期補正係数 K_y とのうち精度の高い方はいずれであるかが比較され、その結果精度の高い方を最終的な初期補正係数 K_3 とすることになっている。したがって、いずれか一方の場合に限定して初期補正係数 K_3 を算出する場合に比べて、より高精度な初期補正係数 K_3 を得ることができる。

【0028】

【発明の実施の形態】以下では、本発明の実施の形態を、添付図面を参照して詳細に説明する。図1は、本発明の一実施形態が適用されたタイヤ空気圧低下検出装置の構成を示すブロック図である。このタイヤ空気圧低下検出装置は、4輪車両に備えられた4つのタイヤ W_1 、 W_2 、 W_3 、 W_4 の空気圧が低下しているか否かを検出する。タイヤ W_1 、 W_2 はそれぞれ前左右タイヤに対応する。また、タイヤ W_3 、 W_4 はそれぞれ後左右タイヤに対応する。

【0029】各タイヤ W_1 、 W_2 、 W_3 、 W_4 にそれぞれ関連して、車輪速センサ1が備えられている。車輪速センサ1の出力は制御ユニット2に与えられる。制御ユニット2には、表示器3が接続されている。表示器3

は、空気圧が低下したタイヤ W_i ($i=1,2,3,4$)を知らせるためのもので、液晶表示素子、プラズマ表示素子またはCRTなどで構成される。

【0030】制御ユニット2には、また、初期化スイッチ4が接続されている。初期化スイッチ4は、タイヤ W_1 の初期差異の影響を排除するための初期補正係数 K_j ($j=1,2,3$)を算出する際にユーザが操作するためのものである。初期差異とは、各タイヤ W_i 間に生じる規格内での有効ころがり半径のばらつきのことである。制御ユニット2には、さらに、ステアリングホイール（図示せず）の舵角を検出するためのステアリングセンサ5、およびフットブレーキ（図示せず）が踏まれたか否かを検出するためのフットブレーキセンサ6が接続されている。

【0031】図2は、タイヤ空気圧低下検出装置の電気的構成を示すブロック図である。制御ユニット2は、I/Oインタフェース2a、CPU2b、ROM2c、RAM2d、EEPROM2eを含むマイクロコンピュータで構成されている。I/Oインタフェース2aは、車輪速センサ1、初期化スイッチ4、ステアリングセンサ5およびフットブレーキセンサ6などの外部装置との信号の受け渡しに必要なものである。CPU2bは、ROM2cに格納された制御動作プログラムに従って、種々の演算処理を実行するものである。RAM2dは、CPU2bが制御動作を行う際にデータなどが一時的に書き込まれたり、その書き込まれたデータなどが読み出されたりするものである。RAM2dの記憶領域の一部は、後述する初期化処理において用いられるカウンタ21、22、23として利用される。EEPROM2eには、車両が惰性走行をしていると判断される車両の前後方向加速度 FRA の範囲である惰性範囲を特定するための関係式などが格納されている。

【0032】車輪速センサ1は、タイヤ W_i の回転数に対応したパルス信号（以下「車輪速パルス」という。）を出力する。CPU2bは、車輪速センサ1から出力される車輪速パルスに基づいて、所定のサンプリング周期 ΔT （たとえば $\Delta T=1(\text{sec})$ ）ごとに、各タイヤ W_i の回転角速度 F_i を算出する。図3および図4は、タイヤ空気圧低下検出装置におけるタイヤ空気圧低下検出処理を説明するためのフローチャートである。この処理は、CPU2bがROM2cに格納された所定のプログラムに従って動作することによって、制御ユニット2によってサンプリング周期 ΔT ごとに実行される。なお、以下の説明では、対象車両がFF（フロントエンジン・フロントドライブ）車であることを前提とする。

【0033】CPU2bは、車輪速センサ1から出力される車輪速パルスに基づいて、各タイヤ W_i の回転角速度 F_i を算出する（図3のステップS1）。次いで、算出された回転角速度 F_i に誤差が含まれている可能性が高いか否かに基づいて、当該回転角速度 F_i をリジエク

トするか否かの判別処理を行う。より詳述すると、回転角速度 F_i は、車両の速度（以下「車速」という。）、各タイヤ W_i の前後方向加速度、車両の旋回半径および車両の横方向加速度の大きさによっては誤差を含むことがあり、またフットブレーキが踏まれているときには誤差を含むことがある。

【0034】すなわち、車速が極低速である場合には、車輪速センサ1の検出精度が著しく悪くなるので、算出される回転角速度 F_i に誤差が含まれる可能性が高い。また、各タイヤ W_i の前後方向加速度が相対的に大きい場合、およびフットブレーキが踏まれている場合には、たとえば車両が急加速／急減速することによるタイヤ W_i のスリップの影響が考えられるので、算出される回転角速度 F_i に誤差が含まれる可能性が高い。さらに、車両の旋回半径が比較的小さい場合や車両の横方向加速度が比較的大きい場合には、タイヤ W_i が横すべりするおそれがあるから、算出される回転角速度 F_i に誤差が含まれる可能性が高い。

【0035】このように、回転角速度 F_i に誤差が含まれている可能性が高い場合には、その回転角速度 F_i を空気圧低下の検出に採用せずにリジェクト（排除）する方が好ましい。一方、車両の横方向加速度は、一般に知られているように、車速の二乗に比例する。したがって、車速を回転角速度 F_i に基づいて算出する場合、回転角速度 F_i がばらついていると、そのばらつきによる車両の横方向加速度に及ぶ影響は車速が大きくなるにつれて急激に増大する。そのため、車両の横方向加速度に大きな誤差が含まれることになる。

【0036】回転角速度 F_i のばらつきは、「従来の技術」の項でも説明したように、初期差異による各タイヤ W_i の有効ころがり半径のばらつきが原因の1つとなっている。また、車両がコーナーを走行するときにコーナー内側のタイヤとコーナー外側のタイヤとの旋回中心からの距離の差（内外輪差）もまた、回転角速度 F_i がばらつく原因となっている。

【0037】そのため、車両の横方向加速度についての

$$V_i = r \times F_i$$

この算出された各タイヤ W_i の速度 V_i に基づき、車速 V が下記(21)式によって算出される。

$$V = (V_1 + V_2 + V_3 + V_4) / 4 \quad \cdots (21)$$

各タイヤ W_i の前後方向加速度 FRA_i は、1周期前のサンプリング周期に算出された各タイヤ W_i の速度を B

$$FRA_i = (V_i - BV_i) / (\Delta T \times 9.8) \quad \cdots (22)$$

なお、上記(22)式において、分母に9.8が挿入されているのは、各タイヤ W_i の前後方向加速度 FRA_i を G （重力加速度）換算するためである。

$$FRA = (FRA_1 + FRA_2 + FRA_3 + FRA_4) / 4 \quad \cdots (23)$$

また、車速 V および車両の前後方向加速度 FRA は、センサを用いてこれらを直接的に検出することによって求められてもよい。

リジェクト判別は、これら初期差異および内外輪差による影響を回転角速度 F_i から排除したうえで行うことが好ましい。さらに、回転角速度 F_i から内外輪差による影響を排除する場合、そのためのパラメータとしては、後述するように、車両の旋回半径が用いられる。車両の旋回半径を回転角速度 F_i に基づいて算出する場合、車両がコーナーを走行するとき、車両の旋回半径には、コーナー外側に車両の荷重移動によって誤差が生じる場合がある。したがって、車両の旋回半径を求めるときには車両の荷重移動の影響を排除する必要があるが、車両の荷重移動量は車速に比例する。したがって、車速を回転角速度 F_i に基づいて算出する場合には、車両の旋回半径に対する初期差異による回転角速度 F_i のばらつきの影響が車速が大きくなるにつれて急激に増大する。そのため、車両の旋回半径についてのリジェクト判別も、初期差異による影響を回転角速度 F_i から排除したうえで行うことが好ましい。

【0038】そこで、この実施形態では、リジェクト判別を2回に分けて行うようにしている。具体的には、最初に、車速 V 、各タイヤ W_i の前後方向加速度 FRA_i およびフットブレーキに関するリジェクト判別が行われ、次いで、初期差異および内外輪差による影響が排除された後の車速 V_2 、車両の横方向加速度 LA および車両の旋回半径 R に関するリジェクト判別が行われる。

【0039】CPU2bは、回転角速度 F_i を算出した後、車速 V および各タイヤ W_i の前後方向加速度 FRA_i を算出し、さらに、フットブレーキセンサ6の出力 SS を取り込む（ステップS2、S3、S4）。また、各タイヤ W_i の前後方向加速度 FRA_i が算出されるとき、ステップS6の第1初期化処理において用いられる車両の前後方向加速度 FRA も算出する。

【0040】車速 V は、各タイヤ W_i の速度 V_i に基づいて算出される。各タイヤ W_i の速度 V_i は、下記(20)式に従って算出される。ここに、 r は、直線走行時における有効ころがり半径に相当する定数であり、ROM2cに記憶されている。

$$\cdots (20)$$

【0041】

V_i とすると、下記(22)式によって算出される。

【0042】車両の前後方向加速度 FRA は、各タイヤ W_i の前後方向加速度 FRA_i に基づいて、下記(23)式によって算出される。

【0043】次いで、CPU2bは、このようにして算出された車速 V 、各タイヤ W_i の前後方向加速度 FRA_i 、およびフットブレーキセンサ5の出力 SS に基づい

て、今回のサンプリング周期で算出された回転角速度 F_1 をリジェクトするか否かを判別する（ステップ S5）。具体的には、次に示す①～③の3つの条件のうち、いずれか1つでも満たされた場合には、回転角速度 F_1 をリジェクトする。

- 【0044】① $V < V_{TH}$ （たとえば $V_{TH} = 10(\text{km/h})$ ）
 ② $\text{MAX} \{ |FRA_i| \} > A_{TH}$ （たとえば $A_{TH} = 0.1$
 $g: g = 9.8(\text{m/sec}^2)$ ）
 ③ フットブレーキが踏まれている。

CPU2bは、回転角速度 F_1 をリジェクトしない場合には、第1初期化処理を実行する（ステップ S6）。第1初期化処理は、車両が直線走行で、かつ惰性走行をしていることを条件に、初期補正係数 K_j ($j=1,2,3$) を算出する処理である。

【0045】ここに、初期補正係数 K_1 は、前左右タイ

$$V_{11} = V_1 \quad \dots (24)$$

$$V_{12} = K_1 \times V_2 \quad \dots (25)$$

$$V_{13} = BK_3 \times V_3 \quad \dots (26)$$

$$V_{14} = K_2 \times BK_3 \times V_4 \quad \dots (27)$$

そして、この補正後の各タイヤ W_i の速度 V_{1i} に基づいて、車速 V_1 を下記(28)式に示すようにして算出する。これにより、初期差異の影響が排除された車両の速

$$V_1 = (V_{11} + V_{12} + V_{13} + V_{14}) / 4 \quad \dots (28)$$

次いで、CPU2bは、車速 V_1 に基づいて、車両の旋回半径 R を算出する（ステップ S8）。より詳述すると、まずは、下記(29)式に示すようにして、車両の旋回半径 R' を算出する。下記(29)式において、 Tw はトレ

$$R' = \frac{Tw}{2} \times \frac{V_{14} + V_{11}}{V_{14} - V_{11}} \quad \dots (29)$$

【0049】次いで、この車両の旋回半径 R' に対して、車両の荷重移動による影響を排除するための補正を

$$R = R' \times \{u_1 + u_2 (V_{13} + V_{14})^2\} \quad \dots (30)$$

この(30)式において、 u_1 、 u_2 には、次の値が適当である。ただし、下記(33)式において、 Q は車両の荷重、 H はタイヤの接地面から車両の重心までの高さ、 α は荷重に対するタイヤの有効ころがり半径の変動率である。

$$u_1 = 1 \quad \dots (31)$$

$$u_2 = \frac{1}{9.8} \times \frac{\beta}{2Tw} \quad \dots (32)$$

$$\text{ただし、}\beta = \frac{Q \times H \times \alpha}{Tw \times 100} \quad \dots (33)$$

【0051】次いで、CPU2bは、この算出された車両の旋回半径 R に基づき、初期差異による影響が排除された各タイヤ W_i の速度 V_{1i} に対して、さらに、内外輪差による影響を排除するための補正を施す（ステップ S9）。具体的には、下記(34)～(37)式に示すようにし

ヤ W_1 、 W_2 間の初期差異による有効ころがり半径の差を補正するための係数である。初期補正係数 K_2 は、後左右タイヤ W_3 、 W_4 間の初期差異による有効ころがり半径の差を補正するための係数である。初期補正係数 K_3 は、前タイヤ W_1 と後左右タイヤ W_3 、 W_4 との間の初期差異による有効ころがり半径の差を補正するための係数である。第1初期化処理で算出された初期補正係数 K_3 は、初期補正係数 BK_3 として RAM2d に格納される。

【0046】その後、CPU2bは、第1初期化処理にて算出された初期補正係数 K_j を用いて各タイヤ W_i の速度 V_i を補正する（ステップ S7）。より具体的には、下記(24)ないし(27)式に示すようにして各タイヤ W_i の速度 V_i を補正し、新たな速度 V_{1i} を取得する。

度 V_1 が得られる。

【0047】

ッド幅（左右輪間の距離）である。

【0048】

【数6】

施す。具体的には、下記(30)式に示すような補正を施す。

が適当である。

【0050】

【数7】

て、補正後の各タイヤ W_i の速度 V_{2i} を算出する。な

お、WB は、ホイールベースである。

【0052】

【数8】

15

$$V_{21} = \frac{|R|}{\sqrt{\{(R-Tw/2)^2 + WB^2\}}} \times V_{11}, \quad \dots(34)$$

$$V_{22} = \frac{|R|}{\sqrt{\{(R+Tw/2)^2 + WB^2\}}} \times V_{11}, \quad \dots(35)$$

$$V_{23} = \frac{|R|}{|R-Tw/2|} \times V_{11}, \quad \dots(36)$$

$$V_{24} = \frac{|R|}{|R+Tw/2|} \times V_{11}, \quad \dots(37)$$

【0053】この算出された補正後の各タイヤ W_i の速度 V_{2i} に基づいて車両の速度 V_2 を下記(38)式に示すようにして算出する(図4のステップS10)。これに

$$V_2 = (V_{21} + V_{22} + V_{23} + V_{24}) / 4 \quad \dots(38)$$

次いで、CPU2bは、この求められた車速 V_2 、および上記求められた車両の旋回半径 R に基づいて、車両の横方向加速度 LA を下記(39)式に示すようにして算出す

$$LA = V_2^2 / (R \times 9.8) \quad \dots(39)$$

なお、分母に9.8が挿入されているのは、車両の横方向加速度 LA を G (重力加速度)換算するためである。さらに、以上のようにして算出された車速 V_2 、車両の横方向加速度 LA および車両の旋回半径 R に基づいて、今回のサンプリング周期で算出された回転角速度 F_i をリジェクトするかどうかを判別する(ステップS11)。具体的には、次に示す④～⑥の3つの条件のうち、いずれか1つでも満たされた場合には、回転角速度 F_i をリジェクトする。

【0055】④ $V_2 < V_{Th}$ (たとえば $V_{Th} = 10(\text{km/h})$)

$$Rs = \frac{V_{21} + V_{22}}{V_{23} + V_{24}} - 1 \quad \dots(40)$$

【0057】第2初期化処理は、車両がコーナリング走行をしていることを条件に、初期補正係数 K_3 を算出するための処理である。このように、第1初期化処理と第2初期化処理とを併用して初期補正係数 K_3 を得るようにしているのは、車両が通常走行時に直線走行で、かつ惰性走行をする頻度が比較的小さいこと、および初期補正係数 K_3 の精度向上を図る、との2つの理由による。

【0058】すなわち、公道では車両の数も多く、車両が通常走行時に直線走行で、かつ惰性走行をする頻度は限られている。したがって、直線走行で、かつ惰性走行時にのみ初期補正係数 K_3 を算出するようにすれば、初期補正係数 K_3 を迅速に算出することができなくなるおそれがある。そのため、第2初期化処理を併用すれば、車両が通常走行時に直線走行で、かつ惰性走行をしなくても、コーナリング走行さえしていれば、初期補正係数 K_3 を算出することができるようになる。

【0059】また、公道には、高速道路のように比較的直線路の多い道路だけでなく、山道のようにカーブの多

より、初期差異および内外輪差による影響が排除された車速 V_2 が得られる。

る(ステップS10)。

【0054】

⑤ $|LA| > LA_{Th}$ (たとえば $LA_{Th} = 0.4g$)

⑥ $|R| < R_{Th}$ (たとえば $R_{Th} = 30(m)$)

以上のようにして、誤差を含む可能性の高い回転角速度 F_i が排除される。次に、CPU2bは、ステップS10にて求められた各タイヤ W_i の速度 V_{2i} に基づいて、スリップ率 Rs を下記(40)式に示すようにして算出する(ステップS12)。このスリップ率 Rs は、次のステップS13の第2初期化処理にて用いられる。

【0056】

【数9】

い道路もある。したがって、直線走行で、かつ惰性走行を条件にする第1初期化処理とコーナリング走行を条件とする第2初期化処理とを併用し、高精度な初期補正係数 K_3 を得ようとしている。より具体的には、第2初期化処理では、当該第2初期化処理において算出された初期補正係数 K_3 と第1初期化処理において算出された初期補正係数 K_3 とが比較され、精度の高い方の初期補正係数 K_3 が最終的な初期補正係数 K_3 とされる。また、第1初期化処理においても同様な比較処理が行われ、精度の高い方の初期補正係数 K_3 が最終的な初期補正係数 K_3 とされる。こうすることによって、より精度の高い初期補正係数 K_3 が得られる。

【0060】次いで、CPU2bは、第2初期化処理が行われる前に得られた初期補正係数 BK_3 に基づいて算出されたパラメータを、正確な初期補正係数 K_3 を用いて新たに算出する(ステップS14)。具体的には、後左右タイヤ W_3 、 W_4 の各速度 V_{23} および V_{24} 、ならびにスリップ率 GRs をそれぞれ下記(41)～(43)式に

示すようにして算出する。これにより、初期差異の影響が高精度に排除された速度 V_{33} および V_{34} 、ならび

$$V_{33} = (K_3 / BK_3) \times V_{23} \quad \dots (41)$$

$$V_{34} = (K_3 / BK_3) \times V_{24} \quad \dots (42)$$

$$GR_s = \{ (BK_3 / K_3) \times (R_s + 1) \} - 1 \quad \dots (43)$$

次いで、CPU2bは、タイヤ W_1 、 W_2 の各速度 V_2

判定値Dを求める(ステップS15)。

1 および V_{23} 、ならびに新たに算出されたタイヤ

【0062】

W_3 、 W_4 の各速度 V_{33} 、 V_{34} に基づいて、下記(4

【数10】

4)式に示すようにして、タイヤ空気圧低下判定のための

$$D = \frac{\frac{V_{21} + V_{33}}{2} - \frac{V_{22} + V_{34}}{2}}{\frac{V_{21} + V_{22} + V_{33} + V_{34}}{4}} \times 100 \quad \dots (44)$$

【0063】ところで、この判定値Dの演算には、初期差異およびタイヤ W_i の内外輪差の影響が排除された各タイヤ W_i の速度 V_{21} 、 V_{22} 、 V_{33} 、 V_{34} が用いられている。しかし、各タイヤ W_i の速度 V_{21} 、 V_{22} 、 V_{33} 、 V_{34} は、初期差異および内外輪差だけでなく、車両の横方向加速度LAおよびスリップ率によっても変動する。したがって、上記判定値Dには、車両の横方向加速度LAおよびスリップ率を含む変動要因の影響が作用している。

$$C = A1 \times LA + A2 \times LA \times GR_s$$

そして、下記(46)式に示すように、判定値Dから補正值Cを差し引く。これにより、上記変動要因の影響が排除

$$D' = D - C$$

次いで、CPU2bは、この求められた判定値D'に基づいて、空気圧が低下しているタイヤがあるか否かを判定する(ステップS17)。具体的には、判定しきい値

$$D' < -D_{TH1} \quad \text{または} \quad D' > D_{TH2}$$

ここで、判定値D'は、上述のように、初期補正係数 K_j を用いて補正された後の車速 V_{21} 、 V_{22} 、 V_{33} 、 V_{34} に基づいて求められるが、初期補正係数 K_j は、後述するように、平均化処理によって求められるから、平均化に用いるデータ数が多くなるほど、精度が向上する。したがって、初期補正係数 K_j を求めている最中においては、判定値D'の精度は変化する。そのため、この実施形態では、初期補正係数 K_j の精度に応じて判定しきい値 D_{TH1} 、 D_{TH2} の値を変化させるようにしている。この判定しきい値 D_{TH1} 、 D_{TH2} の値を変化させる処理については、第1初期化処理および第2初期化処理の説明をした後に説明する。

【0067】判定値D'が上記(47)式の条件を満足していれば、いずれかのタイヤの空気圧が低下していると判定する。一方、判定値D'が上記(47)式の条件を満足していなければ、空気圧が低下しているタイヤはないと判定する。CPU2bは、このようにして車両の走行中にタイヤ W_i の空気圧が低下しているか否かを検出する。

一方、単に空気圧が低下しているタイヤがあることをド

にスリップ率 GR_s が得られる。

【0061】

【0064】そこで、CPU2bは、判定値Dに対して、上記変動要因の影響を排除するための補正を施す(ステップS16)。具体的には、下記(45)式により補正值Cを求める。ただし、下記(45)式において、A1およびA2は、ROM2cに予め記憶されている係数である。係数A1およびA2は、各タイヤ W_i が正常内圧であるとわかっているときに試験走行を行ってから求められるものである。

【0065】

$$\dots (45)$$

された新たな判定値D'が取得される。

$$\dots (46)$$

D_{TH1} 、 D_{TH2} を設定し、判定値D'が下記(47)式を満足するか否かを判別する。

【0066】

$$\dots (47)$$

ライブに報知するのに対して、いずれのタイヤの空気圧が低下しているのかも報知する方がドライバにとってはよりわかりやすくなる。そこで、CPU2bは、空気圧が低下しているタイヤを特定する。

【0068】上記(44)式により求められた判定値D'を用いることで、

$D' > 0$ であれば、減圧しているタイヤは W_1 または W_4

$D' < 0$ であれば、減圧しているタイヤは W_2 または W_3

と特定できる。さらに、この場合において、車両が直線走行状態であれば、

$V_{21} > V_{22}$ ならば、減圧しているタイヤは W_1

$V_{21} < V_{22}$ ならば、減圧しているタイヤは W_2

$V_{33} > V_{34}$ ならば、減圧しているタイヤは W_3

$V_{33} < V_{34}$ ならば、減圧しているタイヤは W_4

と特定できる。

【0069】空気圧が低下しているタイヤが特定されると、その結果は表示器3へ出力されて表示される。表示

器3は、たとえば図2に示すように、4つのタイヤ W_1 , W_2 , W_3 , W_4 に対応する表示ランプを備えている。いずれかのタイヤの空気圧が低下したことが検出されると、その減圧タイヤに対応する表示ランプが点灯される。

【0070】図5および図6は、第1初期化処理を説明するためのフローチャートである。この第1初期化処理では、上述のように、車両が直線走行で、かつ惰性走行をしていることを条件に、初期補正係数 K_1 が求められる。すなわち、CPU2bは、ステアリングセンサ5の出力が所定の許容範囲（たとえば±2度の舵角範囲に相当）内であるか否かに基づいて、車両が直線走行をしているか否かを判別する（図5のステップT1）。直線走行をしていなければ、この処理は終了する。

【0071】一方、直線走行をしていれば、初期補正係数 K_1 , K_2 を平均化処理によって算出する。より詳述

$$K_1 = \frac{C1-1}{C1} \times BK_1 + \frac{1}{C1} \times \frac{F_1}{F_2} \quad \dots (48)$$

$$K_2 = \frac{C1-1}{C1} \times BK_2 + \frac{1}{C1} \times \frac{F_3}{F_4} \quad \dots (49)$$

【0074】このように、初期補正係数 K_1 , K_2 は、それぞれ、車両の直線走行時において、C1個の前左右タイヤ W_1 , W_2 の回転角速度 F_1 , F_2 の比および後左右タイヤ W_3 , W_4 の回転角速度 F_3 , F_4 の比の平均として求められる。これにより、前左右タイヤ W_1 , W_2 間の有効ころがり半径の差を忠実に表した高精度な初期補正係数 K_1 を得ることができるとともに、後左右タイヤ W_3 , W_4 間の有効ころがり半径の差を忠実に表した高精度な初期補正係数 K_2 を得ることができる。

【0075】次いで、CPU2bは、カウント値C1が予め定める下限しきい値MIN1（たとえばMIN1=60）未満であるか否かを判別する（ステップT5）。カウント値C1が下限しきい値MIN1未満であれば、初期補正係数 K_1 , K_2 の精度はまだ不十分であると考えられるから、初期補正係数 K_1 , K_2 を用いるステップT6～T14の処理は行わずに、図6のステップT16に直接移行する。カウント値C1が下限しきい値MIN1以上であれば、初期補正係数 K_1 , K_2 の精度はある程度出ていると考えられるから、ステップT6に移行する。

【0076】上記ステップT2における判別の結果、カウント値C1が上限しきい値MAX1に達していれば、初期補正係数 K_1 , K_2 の精度は十分であると考えられるから、CPU2bは、カウント値C1のインクリメント、および初期補正係数 K_1 , K_2 の算出は行わずに、直接ステップT6に移行する。CPU2bは、ステップT6～T14において、初期補正係数 K_3 の算出処理を行う。ここで、算出された初期補正係数 K_3 は、1周期

すると、まず、カウンタ21のカウント値C1が予め定める上限しきい値MAX1（たとえばMAX1=900）以下であるか否かを判別する（ステップT2）。カウント値C1は、初期補正係数 K_1 , K_2 を算出するのに用いたデータ個数に相当するもので、初期化スイッチ4が操作されるたびにクリアされる。

【0072】カウント値C1が上限しきい値MAX1未満であれば、カウント値C1を「1」だけインクリメントした後、下記(48), (49)式に示すようにして、初期補正係数 K_1 , K_2 を算出する（ステップT3, T4）。なお、下記(48), (49)式において、 BK_1 , BK_2 は、従前のサンプリング周期において求められてRAM2dに格納された初期補正係数 K_1 , K_2 である。

【0073】

【数11】

前の第2初期化処理において算出された初期補正係数 K_3 より精度が高い場合に限って、最終的な初期補正係数 K_3 とされる。したがって、以下では、精度の高低を判断する前に第1初期化処理において算出される初期補正係数 K_3 を、便宜上、初期補正係数 K_x とする。また、第2初期化処理において算出される初期補正係数 K_3 についても、第1初期化処理において算出された初期補正係数 K_3 よりも精度が高い場合に限って最終的な初期補正係数 K_3 とされるから、第2初期化処理において精度の高低を判断する前に算出される初期補正係数 K_3 を、便宜上、初期補正係数 K_y とする。

【0077】初期補正係数 K_x は、初期補正係数 K_1 , K_2 の場合と同様に、従前のサンプリング周期までの間に算出された初期補正係数 K_x の平均として得られる。したがって、精度を十分にさせる数の初期補正係数 K_x が集まればそれで十分である。そこで、CPU2bは、カウンタ22のカウント値C2が予め定める上限しきい値MAX2（たとえばMAX2=300）未満であるか否かを判別する（ステップT6）。カウント値C2は、初期補正係数 K_x を算出するのに用いたデータ個数に相当し、初期化スイッチ4が操作されるたびにクリアされる。

【0078】カウント値C2が上限しきい値MAX2に達していれば、初期補正係数 K_x の精度は十分であると考えられるから、初期補正係数 K_x の算出は行わずに、図6のステップT16に直接移行する。一方、カウント値C2が上限しきい値MAX2未満であれば、初期補正係数 K_x の算出処理を実行する。ところで、初期補正係

数 K_x は、前タイヤ W_1 と後左右タイヤ W_3 , W_4 との間の有効ころがり半径の差を表すためのものであるから、駆動時または制動時などにおいて駆動タイヤ W_1 , W_2 がスリップすると、精度が悪くなる。そこで、CPU 2b は、初期補正係数 K_x の算出に先立ち、車両が惰性走行をしているか否かの判別処理を実行する（ステップ T7~T13）。

【0079】車両が惰性走行をしているか否かは、車両の前後方向加速度 FRA が所定の惰性範囲内にあるか否かに基づいて判別される。惰性範囲は、車速によって異なる上限値および下限値をとる。具体的には、図 7 に示すように、車速が大きくなるほど、惰性範囲は低下していく。そこで、この実施形態では、車速に応じた惰性範

$$FRA = \alpha 1 \times V^2 + \alpha 2$$

さらに、この 2 次式を中心に正負両方向に β （たとえば $\beta = 0.2g$ ）だけずらした 2 次式を求める。すなわち、下

$$G1 = \alpha 1 \times V^2 + \alpha 2 + \beta$$

$$G2 = \alpha 1 \times V^2 + \alpha 2 - \beta$$

この 2 次式によって挟まれる範囲が惰性範囲である。この惰性範囲を表す 2 つの 2 次式は、EEPROM 2e に格納されている。

【0082】一方、厳密に言えば、惰性走行中の車両はある程度減速状態となっているはずである。したがって、この原則に鑑みれば、惰性走行であると判断できる上限値 G_{b1} は 0 となる。また、惰性走行であると判断できる下限値 G_{b2} も適当な値（たとえば $0.04g$ ）に設定される。この上限値 G_{b1} および下限値 G_{b2} は、惰性範囲を表す 2 つの 2 次式と同様に、EEPROM 2e に格納されている。

【0083】CPU 2b は、ステップ T7 において、図 3 のステップ S2 で求められた車両の速度 V を上記 (51) 式に代入する。これにより、上限値 $G1$ が取得される。次いで、この上限値 $G1$ が上限値 G_{b1} 以上か否かを判別する（ステップ T8）。上限値 $G1$ が上限値 G_{b1} 以上であれば、上限値を G_{b1} に強制的に修正する（ステップ T9）。一方、上限値 $G1$ が上限値 G_{b1} 未満であれば、そのまま $G1$ を上限値とする。

【0084】次に、車速 V を上記 (49) 式に代入する。その結果、下限値 $G2$ が取得される（図 6 のステップ T10）。次いで、この取得された下限値 $G2$ が下限値 G_{b2}

$$Kx = \frac{C2-1}{C2} \times BKx + \frac{1}{C2} \times \frac{P_1 + K_1 \times F_2}{P_2 + K_2 \times F_2} \quad \text{【数 12】} \quad \dots (53)$$

【0087】次に、CPU 2b は、最終的な初期補正係数 K_3 を得るべく、算出された初期補正係数 K_x と 1 周期前のサンプリング周期で第 2 初期化処理において算出された初期補正係数 K_y とを比較する。比較基準には、初期補正係数 K_x を算出するのに用いたデータ個数に相当するカウンタ 22 のカウント値 $C2$ 、および初期補正係数 K_y を算出するのに用いたデータ個数に相当するカ

ount を予め取得しておくことにより、車速にかかわらず、車両が惰性走行をしているか否かを確実に判別できるようにしている。

【0080】車速に応じた惰性範囲は、車両を試験的に直線平坦路上を惰性走行させることによって取得される。より具体的には、惰性走行時の車速と車両の前後方向加速度が算出される。このような作業が種々の車速について行われ、多数のデータが集められる。そして、このデータに対して最小二乗法が適用され、下記 (50) 式に示すような 2 次式が求められる。下記 (50) 式において、 $\alpha 1$ および $\alpha 2$ は定数である。

【0081】

$$\dots (50)$$

記 (51), (52) 式が取得される。

$$\dots (51)$$

$$\dots (52)$$

2 以上か否かを判別する（ステップ T11）。下限値 $G2$ が下限値 G_{b2} 以上であれば、下限値を G_{b2} に強制的に修正する（ステップ T12）。一方、下限値 $G2$ が下限値 G_{b2} 未満であれば、そのまま $G2$ を下限値とする。

【0085】このようにして、今回のサンプリング周期における惰性範囲が得られる。次いで、CPU 2b は、この得られた惰性範囲内に、今回のサンプリング周期において算出された車両の前後方向加速度 FRA があるか否かを判別する（ステップ T13）。今回のサンプリング周期において算出された車両の前後方向加速度 FRA が惰性範囲内になければ、車両は惰性走行中ではないとみなすことができるから、初期補正係数 K_x の算出は行わずに、ステップ T16 に直接移行する。一方、車両の前後方向加速度 FRA が上記惰性範囲内にあれば、カウンタ値 $C2$ を「1」だけインクリメントするとともに、初期補正係数 K_x を下記 (53) 式に示すようにして算出する（ステップ T14, T15）。下記 (53) 式において、 BK_x は、従前のサンプリング周期において算出されて RAM 2d に格納された初期補正係数 K_x である。

【0086】

【数 12】

$$Kx = \frac{C2-1}{C2} \times BKx + \frac{1}{C2} \times \frac{P_1 + K_1 \times F_2}{P_2 + K_2 \times F_2} \quad \dots (53)$$

ウンタ 23 のカウント値 $C3$ が用いられる。すなわち、平均化に用いるデータ個数が多いほど、ノイズの影響を除去でき、精度が良いからである。

【0088】そこで、CPU 2b は、カウンタ 23 のカウント値 $C3$ が予め定める下限しきい値 $MIN3$ （たとえば $MIN3 = 50$ ）以上であるか否か、またはカウンタ値 $C3$ がカウンタ値 $C2$ 以上であるか否かを判別する

(ステップT16)。カウント値C3が下限しきい値MIN3以上である、またはカウント値C3がカウント値C2以上であれば、初期補正係数Kyの方が初期補正係数Kxよりも精度が高いと考えられるから、初期補正係数Kyを最終的な初期補正係数K3として選出する(ステップT17)。一方、カウント値C3が下限しきい値MIN3未満であり、かつカウント値C3がカウント値C2未満であれば、初期補正係数Kxの方が初期補正係数Kyよりも精度が高いと考えられるから、初期補正係数Kxを最終的な初期補正係数K3として選出する(ステップT18)。選出された初期補正係数K3は、初期補正係数BK3としてRAM2dに格納される(ステップT19)。

【0089】図8は、第2初期化処理を説明するためのフローチャートである。この第2初期化処理では、直前のサンプリング周期までにおいて算出された過去の初期補正係数Kyの平均をとることで初期補正係数Kyが算出される。そこで、CPU2bは、カウンタ23のカウ

$$LA1 < |LA| < LA2$$

カウント値C1が下限しきい値MIN1'以上であるかを判別基準の1つにしているのは、上記(39)式、(38)式、(34)～(37)式、および(24)～(27)式に示すように、車両の横方向加速度LAの算出のために初期補正係数K1、K2が用いられるからである。すなわち、初期補正係数K1、K2の精度は平均化に用いるデータ個数が多いほど高くなるので、当該データ個数が少なければ、車両の横方向加速度LAの精度が十分に出ない。したがって、この場合には、ステップU2において誤判別するおそれがあるからである。また、車両の横方向加速度LAの精度が低いと、後述の(56)式により求められる初期補正係数Kyの精度も低くなるからでもある。

【0092】なお、車両の横方向加速度LAは、ステアリングセンサ5の出力と車速とから得ることもできる。このようにして得られた車両の横方向加速度LAは初期補正係数K1、K2とは無関係なので、この場合には、上述のカウント値C1が下限しきい値MIN1'以上で

$$Rs1 < Rs < Rs2$$

上記(52)式が満足されなければ、この処理は終了する。一方、上記(52)式が満足されれば、カウンタ23のカウント値C3を「1」だけインクリメントするとともに、判定値Dおよびスリップ率Rsを算出し、さらにこの算出された判定値Dおよびスリップ率Rsに基づいて初期補正係数Kyを算出する(ステップU4、U5、U6、U7)。

【0095】より詳述すると、初期補正係数Kyの算出は、「課題を解決するための手段」の項で説明したよう

$$Ky = \frac{C3-1}{C3} \times BKy + \frac{1}{C3} \times \frac{1}{Rs+1} \times \frac{F1+K1 \times F2}{F3+K2 \times F4} \quad \dots(56)$$

【0097】判定値Dは、上記(44)式と同様にして算出

ント値C3が予め定める上限しきい値MAX3(たとえばMAX3=150)未満であるかを判別する(ステップU1)。カウント値C3が上限しきい値MAX3に達していれば、初期補正係数Kyは精度を十分に出せる程度の個数のデータの平均であると考えられるから、この処理は終了する。一方、カウント値C3が上限しきい値MAX3未満であれば、次のステップU2の処理に移行する。

【0090】CPU2bは、ステップU2において、車両がコーナリング走行中であり、かつカウント値C1が下限しきい値MIN1'(たとえばMIN1'=300)以上であるかを判別する。車両がコーナリング走行中であるか否かは、車両の横方向加速度LAが下記(54)式の条件を満足するか否かによって判別される。下記(54)式において、たとえばLA1=0.08g、LA2=0.4gである。

【0091】

$$\dots(54)$$

あるか否かの判別基準は不要となる。車両はコーナリング走行中ではない、またはカウント値C1は下限しきい値MIN1'未満であれば、初期補正係数Kyを高精度に算出することはできないと考えられるから、この処理は終了する。一方、車両はコーナリング走行中で、しかもカウント値C1は下限しきい値MIN1'以上であれば、次のステップU3に移行する。

【0093】CPU2bは、ステップU3において、図4のステップS12において算出された駆動タイヤW1、W2のスリップ率Rsが下記(55)式を満足するか否かを判別する。この判別処理は、スリップ率Rsが下記(55)式を満足しない場合には、初期補正係数Kyの精度が落ちるとの本件発明者の発見に基づくものである。下記(55)式において、Rs1、Rs2は定数であり、たとえばRs1=0、Rs2=0.008である。

【0094】

$$\dots(55)$$

に、判定値Dに関するコーナリング補正のための補正式を変形して得られた式とスリップ率Rsを算出するための式とから導出された下記(56)式に従って行われる。下記(56)式において、BKyは、従前のサンプリング周期において算出されてRAM2dに格納された初期補正係数Kyである。

【0096】

【数13】

される。また、スリップ率Rsは、この算出された判定

値Dおよび車両の横方向加速度L Aに基づいて、上記「課題を解決するための手段」の項で示した(12)式に従って算出される。その後、CPU 2 bは、この算出されたスリップ率R sを上記(56)式に代入する。これにより、初期補正係数K yが得られる。

【0098】次に、CPU 2 bは、最終的な初期補正係数K₃を得るべく、算出された初期補正係数K yと今回のサンプリング周期で第1初期化処理において算出された初期補正係数K xとを比較する。比較基準には、第1初期化処理の場合と同様に、初期補正係数K xを算出するのに用いたデータ個数に相当するカウンタ22のカウン

10 ント値C2、および初期補正係数K yを算出するのに用いたデータ個数に相当するカウンタ23のカウンタ値C3が用いられる。すなわち、CPU 2 bは、カウンタ23のカウンタ値C3が下限しきい値MIN3以上であるか否か、またはカウンタ値C3がカウンタ値C2以上であるか否かを判別する(ステップU8)。

【0099】カウンタ値C3が下限しきい値MIN3以上である、またはカウンタ値C3がカウンタ値C2以上であれば、初期補正係数K yの方が初期補正係数K xよりも精度が高いと考えられるから、初期補正係数K yを最終的な初期補正係数K₃として選出する(ステップU9)。一方、カウンタ値C3が下限しきい値MIN3未

40 満であり、かつカウンタ値C3がカウンタ値C2未満であれば、初期補正係数K xの方が初期補正係数K yよりも精度が高いと考えられるから、初期補正係数K xを最終的な初期補正係数K₃として選出する(ステップU10)。

【0100】次に、図4のステップS17における空気圧低下判定処理において用いられる判定しきい値D_{TH1}、D_{TH2}を変化させる処理について説明する。上述のように、判定しきい値D_{TH1}、D_{TH2}は、初期補正係数K_jの精度に応じて変化される。初期補正係数K_jの精度は、第1初期化処理および第2初期化処理において説明したように、初期補正係数K_jの算出に用いたデータ個数によって表される。したがって、この判定しきい値D_{TH1}、D_{TH2}を変化させる処理では、初期補正係数K_jの精度を判定するパラメータとして、カウンタ21、22、23のカウンタ値C1、C2、C3が用いられる。

【0101】CPU 2 bは、カウンタ値C1が上限しきい値MAX1に達し、かつカウンタ値C3が上限しきい値MAX3に達している、との第1の条件を満足するか否かを判別する。すなわち、初期補正係数K_jの算出が終了しているか否かを判別する。なお、第1の条件において、初期補正係数K₃の算出が終了しているか否かの判別基準として、初期補正係数K yの算出に用いたデータ数に相当するカウンタ値C3を採用しているのは、登板走行時においては、初期補正係数K xの精度が低下するからである。すなわち、登板走行時は、たとえ車両の

前後方向加速度FRAが惰性範囲にある場合でも、駆動タイヤW₁、W₂に駆動力が生じているから、実際には惰性走行ではない。したがって、この場合には、初期補正係数K xの精度が低下する。

【0102】第1の条件が満足されていれば、初期補正係数K_jの精度は十分であると考えられるから、判定しきい値D_{TH1}、D_{TH2}として、基準値D₀(たとえばD₀=0.1)を設定する。一方、第1の条件が満足されていなければ、CPU 2 bは、初期補正係数K_jの精度が、相対的に高いのか低いのか、あるいは空気圧低下判定を行うには低過ぎるのかを調べる。

【0103】具体的には、CPU 2 bは、まず、初期補正係数K_jの精度が相対的に高いか否かを調べるために、カウンタ値C1が上限しきい値MAX1のm₁(たとえばm₁=2/3)倍以上であって、かつカウンタ値C3が上限しきい値MAX3のm₁倍以上である、との第2の条件を満足するか否かを判別する。第2の条件が満足されていれば、初期補正係数K_jの精度は相対的に高いと考えられるから、判定しきい値D_{TH1}、D_{TH2}として、基準値D₀のn₁(たとえばn₁=1.33)倍の値を設定する。

【0104】一方、第2の条件が満足されていなければ、次に、初期補正係数K_jの精度は相対的に低いのか、または低過ぎるのかを調べるために、カウンタ値C1が上限しきい値MAX1のm₂(m₂<m₁;たとえばm₂=1/3)倍よりも大きく、かつカウンタ値C2が上限しきい値MAX2のm₂倍以上であるか、またはカウンタ値C3が上限しきい値MAX3のm₂倍以上である、との第3の条件を満足するか否かを判別する。

【0105】第3の条件が満足されていれば、初期補正係数K_jの精度は相対的に低い低過ぎることはないと考えられるから、判定しきい値D_{TH1}、D_{TH2}として、基準値D₀のn₂(n₂>n₁;たとえばn₂=1.66)倍の値を設定する。一方、第3の条件が満足されていなければ、初期補正係数K_jの精度は低過ぎると思われるから、判定しきい値D_{TH1}、D_{TH2}の設定は行わない。この場合、空気圧低下判定処理は行わない。

【0106】以上のようにこの実施形態によれば、車両が通常走行をしている場合に、車両が直線走行をしていることが検出され、このときに初期補正係数K₁およびK₂が算出される。また、車両が通常走行をしている場合に、車両が直線走行で、かつ惰性走行をしていることが検出され、このときに初期補正係数K xが算出される。さらに、車両が通常走行をしている場合に、車両がコーナリング走行をしていることが検出され、このときに初期補正係数K yが算出される。そして、初期補正係数K xおよびK yのうち精度の高い方が最終的な初期補正係数K₃とされる。

【0107】したがって、ユーザが意図的に車両を直線走行で、かつ惰性走行をさせてなくても、高精度な初期

補正係数 K_j を得ることができる。しかも、初期補正係数 K_3 については、異なる走行状態においてそれぞれ算出された初期補正係数 K_x 、 K_y のうち精度の高い方が初期補正係数 K_3 とされるから、いずれか一方の走行状態に限定する場合に比べて高精度である。

【0108】このように、高精度な初期補正係数 K_j を簡単に得ることができる。そのため、ユーザの負担を大幅に軽減できるとともに、交通安全の向上も図ることができる。本発明の実施の一形態の説明は以上のとおりであるが、本発明は上述の実施形態に限定されるものではない。上記実施形態では、車両が直線惰性走行をしている場合に初期補正係数 K_x を算出する処理と車両がコーナリング走行をしている場合に初期補正係数 K_y を算出する処理とを併用し、これら初期補正係数 K_x 、 K_y のうち精度の高い方が最終的な初期補正係数 K_3 として選出されている。しかし、たとえば上記各処理を併用せずに、いずれか一方の処理のみを行うようにし、初期補正係数 K_x または K_y をそのまま初期補正係数 K_3 とするようにしてもよい。また、いずれの処理を実行させるかをユーザが手動で選択できるようにしてもよい。この構成によっても、高精度な初期補正係数 K_3 を簡単に算出することができる。

【0109】その他、特許請求の範囲に記載された事項の範囲において種々の設計変更を施すことが可能である。

【0110】

【発明の効果】以上のように請求項1記載の発明によれば、車両が通常走行をしている場合に、車両が直線走行をしていることが検出され、このときに初期補正係数 K_1 、 K_2 が算出される。また、車両が通常走行をしている場合に、車両が直線走行で、かつ惰性走行をしていることが検出され、このときに初期補正係数 K_3 が算出される。したがって、ユーザが車両を試験的に走行させなくても、ユーザが意識しないうちに、高精度な初期補正係数 $K_1 \sim K_3$ を算出することができる。そのため、正確な初期補正係数 $K_1 \sim K_3$ を簡単に算出することができる。よって、ユーザの負担を大幅に軽減できるとともに、交通安全の向上を図ることができる。

【0111】また、請求項2記載の発明によれば、車両が通常走行をしている場合に、車両が直線走行をしていることが検出され、このときに初期補正係数 K_1 、 K_2 が算出される。また、車両がコーナリング走行をしている場合に、判定値Dのコーナリング補正式を元に導出さ

れた上述の(13)式に基づいて、初期補正係数 K_3 が算出される。したがって、請求項1記載の発明と同様に、ユーザが車両を試験的に走行させなくても、ユーザが意識しないうちに、高精度な初期補正係数 $K_1 \sim K_3$ が算出される。そのため、請求項1記載の発明と同様の効果を奏する。

【0112】また、請求項3記載の発明によれば、回転角速度に誤差が含まれるおそれの高い、スリップ率 R_s が予め定める範囲外の場合には、初期補正係数 K_3 の算出を禁止しているから、初期補正係数 K_3 の精度向上に貢献できる。また、請求項4記載の発明によれば、車両が直線惰性走行をしている場合に算出された初期補正係数 K_x と車両がコーナリング走行をしている場合に算出された初期補正係数 K_y のうち精度の高い方が最終的な初期補正係数 K_3 とされるから、直線路があつたりカーブがあつたりする一般の公道においても、初期補正係数 K_3 を高精度に算出できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態が適用されるタイヤ空気圧低下検出装置の構成を示す概略ブロック図である。

【図2】タイヤ空気圧低下検出装置の電気的構成を示すブロック図である。

【図3】タイヤ空気圧低下検出処理の全体を説明するためのフローチャートである。

【図4】タイヤ空気圧低下検出処理の全体を説明するためのフローチャートである。

【図5】第1初期化処理を説明するためのフローチャートである。

【図6】同じく、第1初期化処理を説明するためのフローチャートである。

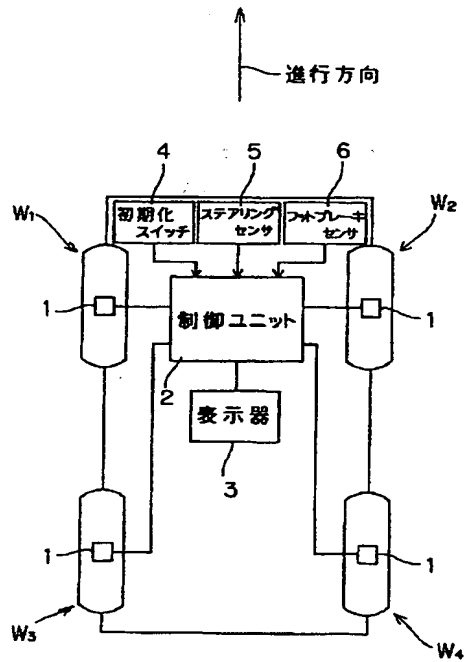
【図7】車速と前後方向加速度との関係を説明するための図である。

【図8】第2初期化処理を説明するためのフローチャートである。

【符号の説明】

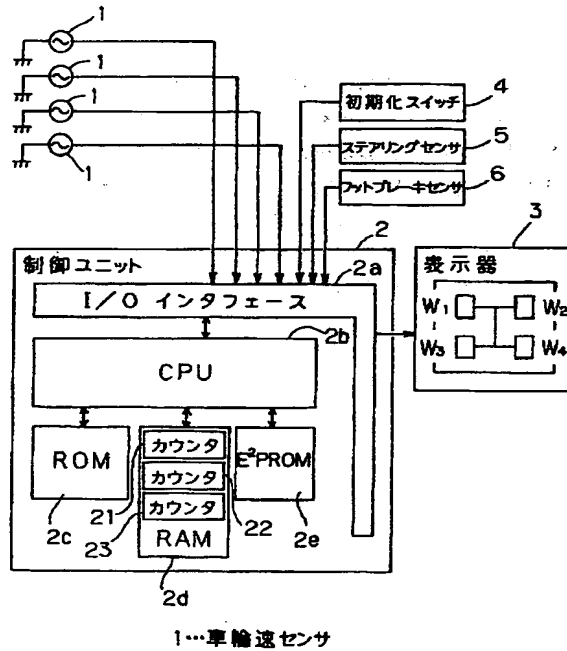
- 1 車輪速センサ
- 2 制御ユニット
- 2b CPU
- 2d RAM
- 21～23 カウンタ
- 2e EEPROM
- 5 ステアリングセンサ
- 6 フットブレーキセンサ

【図1】



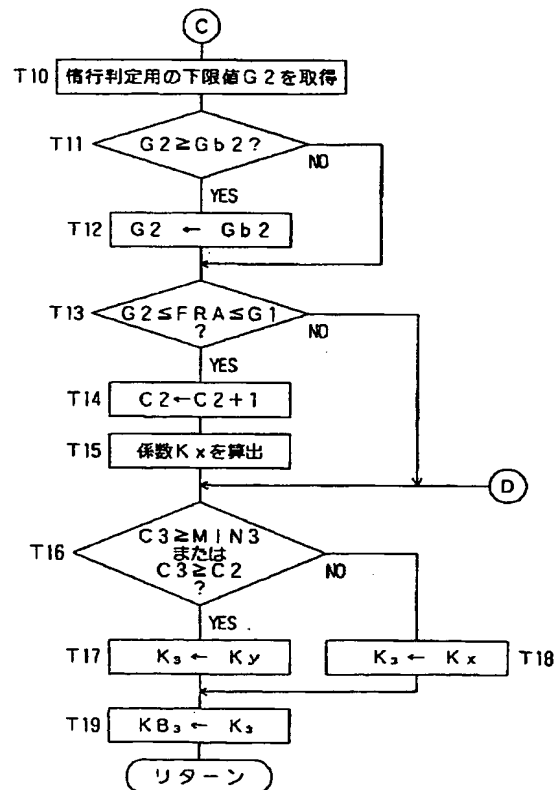
1…車輪速センサ

【図2】

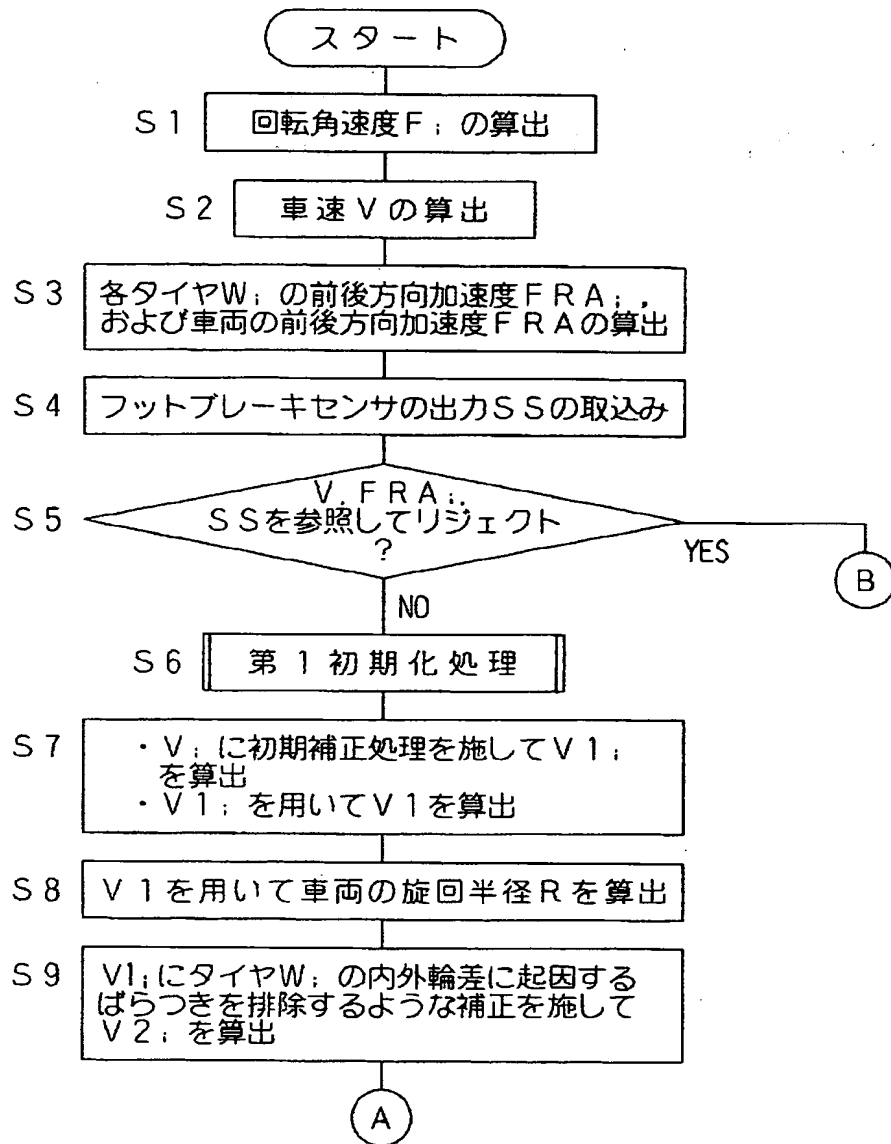


1…車輪速センサ

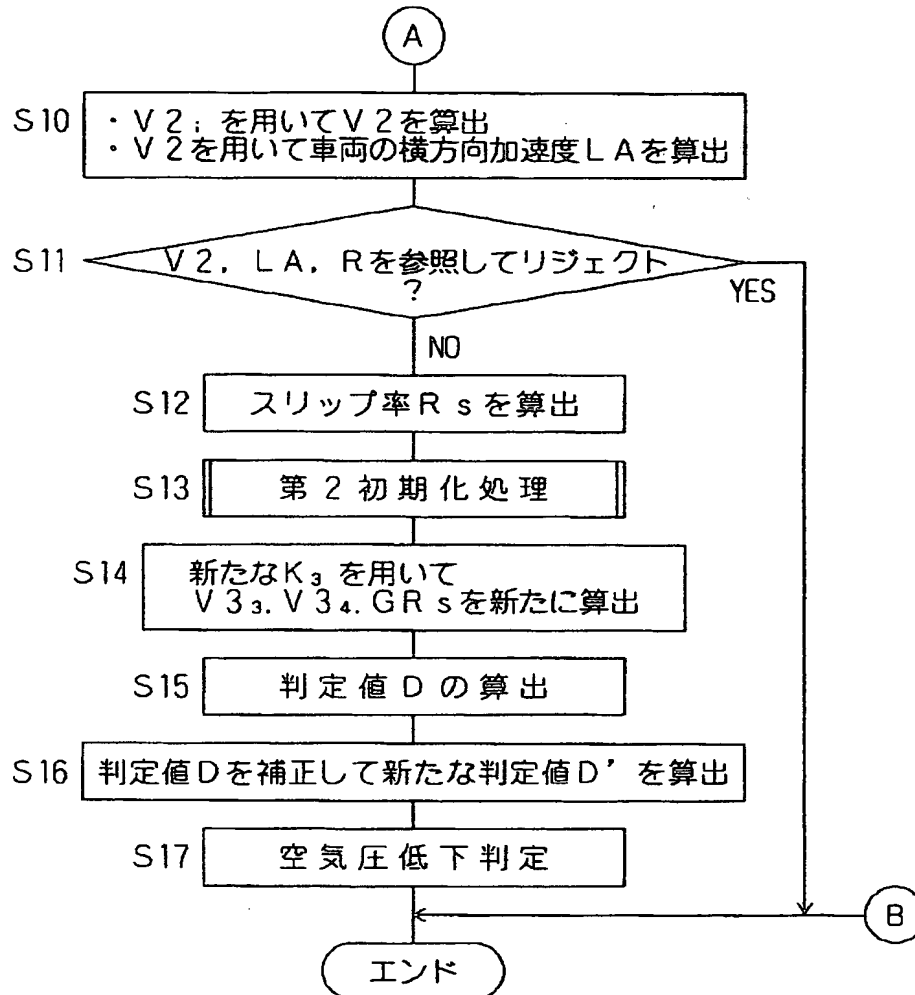
【図6】



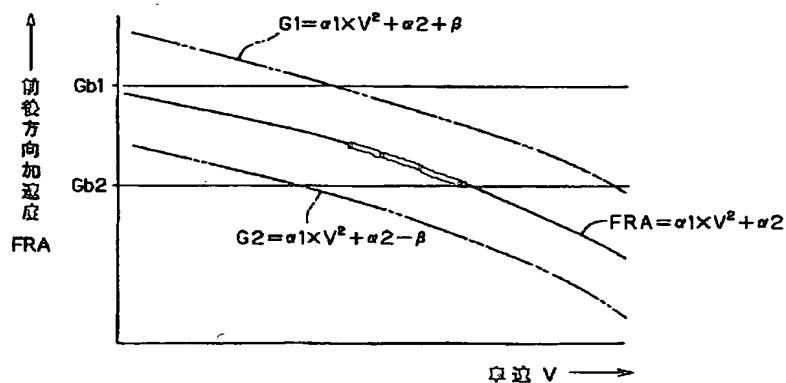
【図3】



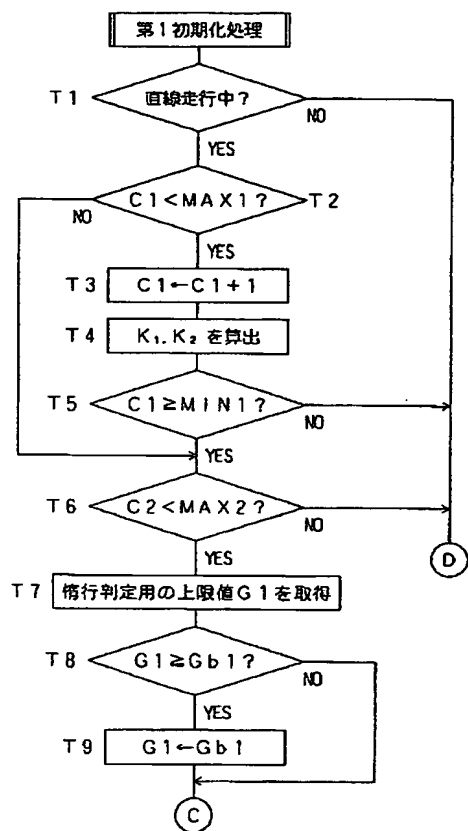
【図4】



【図7】



【図5】



【図8】

